微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标以及乳成分的影响[1]

汪晶晶　任红立*　董佳琦　金三俊　李彦芳　武洪志　刁新平**

（东北农业大学动物科学技术学院，哈尔滨 150030）

摘　要：本试验旨在探讨微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标以及乳成分的影响。试验采用 2×2 双因子随机设计，主效应分别为酸化剂（0、0.5％）、微生态制剂（0、200 mL/d）及二者互作。选择胎次和预产期相近的长白×大白母猪 24 头，随机分为 4 组（每组 6 头猪），分别饲喂基础饲粮（对照组）、基础饲粮+200 mL/d 微生态制剂（微生态制剂组）、基础饲粮+0.5％复合酸化剂（复合酸化剂组）、基础饲粮+200 mL/d 微生态制剂+0.5％复合酸化剂（混合组）。预试期 7 d，正试期 21 d。结果表明：1）混合组母猪平均日采食量、母猪总泌乳量、第 21 天仔猪平均个体重、仔猪断奶窝重均显著高于对照组（$P<0.05$）；与对照组相比，各添加组第 1、7、14 天仔猪平均个体重、断奶活仔数以及仔猪平均日增重均有升高的趋势，但差异不显著（$P>0.05$）。2）试验第 21 天，混合组血清中总胆固醇、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量均显著高于对照组（$P<0.05$）。各添加组血清尿素氮含量均低于对照组，但各组间差异不显著（$P>0.05$）。3）各添加组初乳和常乳中乳脂、常乳中乳糖含量均显著高于对照组（$P<0.05$），乳蛋白含量也高于对照组，但差异不显著（$P>0.05$）。由此可见，在本试验条件下，饲粮中添加微生态制剂和复合酸化剂有提高哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标的趋势，并可提高哺乳母猪的平均日采食量、总泌乳量以及血清中总胆固醇、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 G 的含量，二者联用可局部改善乳成分。

关键词：微生态制剂；复合酸化剂；哺乳母猪；生产性能；血清生化和免疫指标；乳成分

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

微生态制剂和复合酸化剂作为天然、安全的饲料添加剂，具有降低肠道 pH、增殖有益菌、抑制有害菌、调控动物肠道微生物菌群、提高营养物质消化率和消化道酶活性等生物学

收稿日期：2017-07-11

基金项目：黑龙江省科技厅对外合作攻关项目（WB13B101）

作者简介：汪晶晶（1991—），女，新疆奎屯人，硕士研究生，从事单胃动物营养与饲料科学研究。E-mail: kazhikazhi@163.com

*同等贡献作者

**通信作者：刁新平，副教授，硕士生导师，E-mail: diaoxp63@163.com

功能。添加复合酸化剂是提高哺乳母猪有效营养物质摄入量的方法之一，酸化剂能降低饲料碱值、提高饲料酸度、改善饲料利用率且具有提高动物生产性能、保护动物胃肠道黏膜健康、增强动物免疫机能等作用[1]。微生态制剂是一种利用正常微生物或促进微生物生长的经过特殊加工制成的活的能调节肠道微生态平衡、促进有益微生物生长繁殖、抑制致病菌生长繁殖、具有防病作用的微生物制剂[2]。陈代文等[3]研究发现，益生素和酸化剂联用可以显著提高断奶仔猪血清免疫球蛋白 A 含量，单独添加酸化剂可提高肠道有益菌数量并降低有害菌数量。周岭等[4]研究发现，微生态制剂和复合酸化剂联用可以从提高蛋鸡的抗氧化能力和免疫能力方面来改善蛋鸡健康。有关复合酸化剂和微生态制剂单独应用的研究已经很多，但二者同时应用在哺乳母猪上的效果报道鲜有。因此，合理应用复合酸化剂和微生态制剂有望成为改善养猪业健康状况和提高猪免疫力的重要方法。由于微生态制剂和复合酸化剂的组成和配伍不同，效果也不尽一致。本试验通过在饲粮中添加微生态制剂和复合酸化剂以及二者联用对哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标以及乳成分的影响，旨在为二者在哺乳母猪饲粮中的应用提供更多理论依据，使养猪业可持续健康发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

复合酸化剂由重庆优宝生物技术股份有限公司提供，含甲酸、乙酸、丙酸、丁酸、乳酸和缓冲体系；微生态制剂由深圳百澳飞生物技术有限公司提供，是含有乳酸菌、酵母菌以及培养基的混合物，有效菌种为乳酸菌和酵母菌，乳酸菌活菌数为 1×10^8 CFU/mL；酵母菌活菌数为 8×10^7 CFU/mL。

1.2 试验设计与饲养管理

试验采用 2×2 双因子随机设计，选取 2 个水平的微生态制剂（0、200 mL）以及 2 个水平的酸化剂（0、0.5%），添加方式为每头母猪每天饲喂 200 mL 微生态制剂，酸化剂按 0.5%添加到基础饲粮中。试验用基础饲粮是按照 NRC（1998）猪饲养标准配制的玉米-豆粕型饲粮，基础饲粮组成及营养水平如表 1 所示。

试验选择胎次和预产期相近的长白×大白二元杂交健康母猪 24 头，随机分为 4 组（每组 6 头），分别饲喂基础饲粮（对照组）、基础饲粮+200 mL/d 微生态制剂（微生态制剂组）、基础饲粮+0.5%复合酸化剂（复合酸化剂组）、基础饲粮+200 mL/d 微生态制剂+0.5%复合酸

化剂（混合组）。本试验共进行 28 d，其中预试期 7 d（母猪分娩前 7 天）、正试期 21 d（从母猪分娩开始至泌乳结束）。母猪分娩前 7 天用基础饲粮进行预饲，母猪产后最初几天采用定量限饲的方式进行饲喂，饲喂方式采取湿拌料饲喂，自由饮水，各组母猪饲养管理和饲养环境一致。饲养管理按照本试验所在猪场常规管理和免疫程序进行。仔猪均在试验第 21 天断奶。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet（air-dry basis）　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	69.00	消化能 DE/（MJ/kg）	13.98
麦麸 Wheat bran	3.30	粗蛋白质 CP	16.35
大豆粕 Soybean meal	19.00	钙 Ca	0.73
鱼粉 Fish meal	2.00	有效磷 AP	0.34
豆油 Soybean oil	2.60	赖氨酸 Lys	0.92
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.70	蛋氨酸 Met	0.26
石粉 Limestone	1.00	苏氨酸 Thr	0.59
食盐 NaCl	0.40		
预混料 Premix[1)]	2.00		
合计 Total	100		

[1)]预混料料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 2 000 IU，VD 200 IU，VE 45 IU，VK 0.5 mg，VB_1 1 mg，VB_6 3.85 mg，VB_{12} 15 mg，泛酸 pantothenic acid 12 mg，烟酸 nicotinic acid 10.25 mg，叶酸 folic acid 1.35 mg，生物素 biotin 0.21 mg，Mn (as manganese sulfate) 20 mg，Fe (as ferrous sulfate) 100 mg，Cu (as copper sulfate) 20 mg，I (as potassium iodide) 0.14 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg。

[2)]计算值 Calculated value。

1.3　检测指标

1.3.1　生产性能指标

从试验当天开始每天观察并记录母猪的采食量，计算平均日采食量（average daily feed intake，ADFI）；分娩后 12 h 内及在试验第 7、14、21 天的清晨记录每窝仔猪头数以及窝重，用于计算哺乳仔猪饲养不同时间的平均个体重、全期的平均日增重（average daily gain，

ADG）、初生窝重、断奶窝重、初生活仔数、断奶活仔数；根据 Lawlor 等[5]的方法，计算母猪泌乳期（21 d）的总泌乳量（total lactation，TL）：

总泌乳量（kg）=仔猪平均日增重×每窝仔猪头数×泌乳天数×4。

分别在母猪分娩当天和试验第 21 天用背膘仪测定背膘厚度（在最后肋骨离背中 6.5 cm 处测定），作为初始背腰厚度和终末背膘厚度，每头母猪测定 3 次取平均值，用于计算母猪哺乳期背腰厚度损失。

背腰厚度损失＝初始背腰厚度-终末背膘厚度

1.3.2　血清生化和免疫指标

于试验第 21 天早晨饲喂前，每头母猪耳缘静脉采血 10 mL，置于采血管中，静置 15 min 后，3 000 r/min 离心 20 min，离心结束后取上层血清于 Ep 管中，-20 ℃条件下保存待测。采用酶联免疫吸附试验法测定血清总蛋白、白蛋白、尿素氮、甘油三酯、总胆固醇、免疫球蛋白 G、免疫球蛋白 A 含量及碱性磷酸酶活性。所有指标测定均按照试剂盒（购自北京华英生物技术研究所）说明进行。

1.3.3　乳成分指标

母猪分娩时在其乳房前、中、后 3 个部位采集初乳共计 30 mL。哺乳第 11 天早晨饲喂前在耳缘静脉注射 2 mL 缩宫素，在母猪乳房的前、中、后 3 个部位采集常乳共 30 mL。采集的乳样于-20 ℃保存，待测乳糖（lactose，LA）、乳脂（milk fat，MF）、乳蛋白（milk protein，MP）含量。

1.4　数据统计分析

试验数据用 SPSS 20.0 统计软件对试验数据进行双因素方差分析，并用 Duncan 氏法进行多重比较。结果以“平均值±标准差”表示，P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著。

2　结果与分析

2.1　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪生产性能的影响

如表 2 所示，混合组母猪平均日采食量、母猪总泌乳量、第 21 天仔猪平均个体重、仔猪断奶窝重显著高于对照组（P<0.05），微生态制剂组和复合酸化剂组母猪平均日采食量、总泌乳量、第 21 天仔猪平均个体重、仔猪断奶窝重虽高于对照组但差异不显著（P>0.05）。各组间第 1、7、14 天仔猪平均个体重以及仔猪平均日增重、初生活仔数、仔猪初生窝重、

背膘损失、断奶活仔数差异均不显著(P>0.05)。

主效应分析表明，饲粮中添加微生态制剂显著提高了母猪总泌乳量、仔猪平均日增重（P<0.05）。饲粮添加复合酸化剂显著提高了母猪平均日采食量、仔猪断奶窝重（P<0.05）。微生态制剂和复合酸化剂互作对仔猪第 1 天平均个体重的影响显著（P<0.05），对第 7、14、21 天仔猪平均个体重以及仔猪平均日增重、母猪平均日采食量、母猪总泌乳量、断奶活仔数的影响均不显著（P>0.05）。

2.2 微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪血清生化和免疫指标的影响

如表 3 所示，各添加组母猪血清中总胆固醇的含量均显著高于对照组（P<0.05），血清尿素氮含量均低于对照组，但差异不显著（P>0.05）。混合组和复合酸化剂组母猪血清中甘油三酯、白蛋白的含量均显著高于对照组（P<0.05），微生态制剂组则与对照组差异不显著（P>0.05）。混合组母猪血清中碱性磷酸酶的活性以及免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 G 的含量均显著高于对照组（P<0.05）。各添加组血清总蛋白含量均高于对照组，但差异不显著（P>0.05）。

主效应分析表明，饲粮中添加微生态制剂对母猪血清中总胆固醇、白蛋白、免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 G 的含量均有显著影响（P<0.05）。饲粮中添加酸化剂对母猪血清中碱性磷酸酶的活性以及总胆固醇、甘油三酯、白蛋白、免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 G 的含量均有显著影响（P<0.05）。微生态制剂和复合酸化剂互作对母猪血清中总胆固醇含量和碱性磷酸酶活性均有显著影响（P<0.05），对血清中尿素氮、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 含量的影响均不显著（P>0.05）。

表 2　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪生产性能的影响

Table 2　Effects of probiotics and compound acidifier on performance of lactating sows

项目 Items	组别 Groups					主效应分析 Main effect analysis						
						微生态制剂 Probiotics/（mL/d）		复合酸化剂 Compound acidifier/（g/kg）		*P* 值 *P*-value		
	对照组 Control group	微生态制剂组 Probiotics group	复合酸化剂组 Compound acidifier group	混合组 Mixed group	*P* 值 *P*-value	0	200	0	0.5	微生态制剂 Probiotics	复合酸化剂 Compound acidifier	微生态制剂×复合酸化剂 Probiotics × compound acidifier
平均日采食量 ADFI/kg	6.37 ± 0.25^{b}	6.52 ± 0.43^{b}	6.58 ± 0.53^{ab}	7.05 ± 0.37^{a}	0.045	6.47±0.41	6.78±0.47	6.44 ± 0.34^{e}	6.81 ± 0.50^{f}	0.074	0.035	0.344
总泌乳量 TL/kg	177.21 ± 14.74^{b}	204.23 ± 37.80^{ab}	199.78 ± 25.57^{ab}	225.69 ± 26.96^{a}	0.048	188.50 ± 23.13^{e}	214.96 ± 33.25^{f}	190.72±30.78	212.74±28.47	0.029	0.064	0.961

第 1 天仔猪平均个体重 Average weight of piglets at the 1st day	1.50±0.27	1.24±0.13	1.45±0.23	1.70±0.47	0.099	1.48±0.24	1.47±0.41	1.37±0.25	1.58±0.38	0.960	0.114	0.048
第 7 天仔猪平均个体重 Average weight of piglets at the 7st day	2.09±1.08	2.47±0.16	2.54±0.39	2.75±0.32	0.320	2.31±0.81	2.61±0.28	2.28±0.76	2.64±0.36	0.242	0.158	0.730
第 14 天仔猪平均个体重 Average weight of	4.12±0.70	4.23±0.56	4.21±0.62	4.58±0.43	0.561	4.16±0.63	4.42±0.51	4.19±0.61	4.39±0.54	0.298	0.403	0.629

piglets at the 14st day											
第 21 天仔猪平均个体重 Average weight of piglets at the 21st day	6.17±0.17^{b}	6.18±0.32^{b}	6.20±0.47^{b}	6.92±0.75^{a}	0.034	6.19±0.34	6.55±0.67	6.18±0.24	6.56±0.70	0.078	0.065	0.083
断奶活仔数 Number of piglet alive at wean	9.5±0.84	10.33±1.86	10.50±0.84	10.83±0.75	0.266	10.00±0.95	10.58±1.38	9.92±1.44	10.67±0.78	0.234	0.131	0.605
仔猪平均日增重 ADG of piglets/g	222.45±11.71	235.37±9.88	226.30±20.47	248.39±29.50	0.133	224.38±16.02^{e}	241.88±22.05^{f}	228.91±12.34	237.34±26.81	0.040	0.302	0.572`
初生活仔数	10.83±0.75	11.00±1.10	11.33±1.51	11.67±1.37	0.650	11.08±1.16	11.33±1.23	10.92±0.90	11.50±1.38	0.620	0.253	0.868

Number of piglets born alive												
仔猪初生窝重 Initial litter weight of piglets/kg	15.62±2.64	14.13±2.64	15.72±2.96	17.01±2.01	0.318	15.67±2.67	15.57±2.69	14.88±2.63	16.37±2.50	0.927	0.173	0.202
仔猪断奶窝重 Weaning litter weight of piglets/kg	58.68±5.41^{b}	63.86±12.02^{ab}	65.23±8.38^{ab}	74.75±7.57^{a}	0.032	61.96±7.54	69.30±11.14	61.27±9.29^{e}	69.99±9.09^{f}	0.051	0.023	0.547
初始背膘厚 Initial backfat thickness/mm	21.33±2.66	22.00±1.41	22.17±1.17	23.83±0.75	0.092	21.75±2.01	22.92±1.44	21.67±2.06	23.00±1.28	0.100	0.063	0.469
终末背膘厚	18.16±1.94	18.67±1.37	18.50±0.84	20.33±1.51	0.080	18.33±1.44	19.50±1.62	18.42±1.62	19.42±1.51	0.065	0.110	0.279

Final backfat thickness/mm											
背膘损失 Backfat lose/mm	3.50±0.55	3.33±0.52	3.17±0.75	3.00±0.89	0.638	3.33±0.65	3.17±0.72	3.42±0.51	3.08±0.79	0.564	0.254	0.800

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

表 3　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪血清生化和免疫指标的影响

Table 3　Effects of probiotics and compound acidifier on serum biochemical and immune indexes of lactating sows

项目 Items	组别 Groups				*P* 值 *P*-value	主效应分析 Main effect analysis						
	对照组 Control group	微生态制组 Probiotics group	复合酸化剂组 Compound	混合组 Mixed group		微生态制剂 Probiotics/（mL/d）		复合酸化剂 Compound acidifier/（g/kg）		*P* 值 *P*-value		
						0	200	0	0.5	微生态制剂	复合酸化	微生态制剂×复合

										Probiotics	剂	酸化剂 Probiotics × compound acidifier
			acidifier group									
尿素氮 UN/（mmol/L）	4.48±0.83	4.21±1.42	4.41±0.86	4.19±0.28	0.932	4.45±0.81	4.20±0.98	4.35±1.12	4.30±0.62	0.527	0.908	0.945
总胆固醇 TC/（mmol/L）	2.10±0.07[c]	2.41±0.22[b]	2.41±0.17[b]	2.78±0.46[a]	0.000	2.26±0.20[e]	2.78±0.46[f]	2.26±0.22[g]	2.78±0.45[h]	<0.001	<0.001	0.019
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.18±0.01[b]	0.16±0.03[b]	0.25±0.05[a]	0.25±0.02[a]	0.000	0.22±0.05	0.21±0.05	0.17±0.02[e]	0.25±0.03[f]	0.413	<0.001	0.413
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	49.30±9.09[b]	41.08±12.01[b]	49.58±18.14[b]	77.12±16.54[a]	0.002	49.44±13.68	59.10±23.32	45.19±11.02[f]	63.35±21.92[e]	0.116	0.006	0.006
总蛋白 TP/	72.80±4.52	77.25±8.35	78.63±3.75	79.55±3.31	0.168	75.72±5.00	78.40±6.17	75.03±6.81	79.09±3.41	0.235	0.078	0.429

（g/L）												
白蛋白 ALB/（g/L）	40.98 ± 2.45^{b}	42.72 ± 1.34^{b}	45.08 ± 2.59^{a}	47.22 ± 0.57^{a}	0.000	43.03 ± 3.22^{g}	44.97 ± 2.55^{h}	41.85 ± 2.09^{e}	46.15 ± 2.10^{f}	0.023	<0.001	0.802
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	1.15 ± 0.09^{b}	1.23 ± 0.05^{ab}	1.22 ± 0.05^{ab}	1.32 ± 0.12^{a}	0.017	1.18 ± 0.08^{e}	1.27 ± 0.10^{f}	1.19 ± 0.08^{g}	1.27 ± 0.10^{h}	0.013	0.029	0.754
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	22.13 ± 0.33^{b}	22.33 ± 1.08^{b}	22.17 ± 0.69^{b}	23.51 ± 0.37^{a}	0.006	22.15 ± 0.51^{e}	22.92 ± 0.99^{f}	22.23 ± 0.77^{g}	22.84 ± 0.87^{h}	0.012	0.040	0.057

表 4　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪乳成分的影响

Table 4　Effects of probiotics and compound acidifier on milk composition of lactating sows

项目 Items	组别 Groups				*P* 值 *P*-value	主效应分析 Main effect analysis						
	对照组 Control group	微生态制剂组 Probiotics group	复合酸化剂组 Compound acidifier	混合组 Mixed group		微生态制剂 Probiotics/（mL/d）		复合酸化剂 Compound acidifier/（g/kg）		*P* 值 *P*-value		
						0	200	0	0.5	微生态制剂	复合酸化剂	微生态制剂×复合

	group									Probiotics	Compound acidifier	酸化剂 Probiotics × compound acidifier
乳脂 MF/%												
初乳 Colostrum	2.06±0.11^{b}	2.96±0.73^{a}	2.86±0.51^{a}	3.36±0.16^{a}	0.001	2.46±0.54^{e}	3.16±0.55^{f}	2.51±0.68^{g}	3.11±0.44^{h}	0.001	0.004	0.302
常乳 Milk	6.51±1.41^{b}	8.29±1.75^{a}	8.11±0.44^{a}	8.34±0.50^{a}	0.040	7.31±1.30^{e}	8.31±1.23^{f}	7.40±1.78	8.22±0.47	0.049	0.100	0.121
乳蛋白 MP/%												
初乳 Colostrum	9.12±2.45	9.69±1.28	9.44±1.15	9.88±0.85	0.849	9.28±1.83	9.78±1.04	9.41±1.88	9.66±0.99	0.437	0.695	0.916
常乳 Milk	4.96±0.16	5.10±0.79	4.95±0.27	5.62±0.43	0.081	4.95±0.21	5.36±0.67	5.03±0.55	5.28±0.49	0.051	0.206	0.198
乳糖 LA/%												

初　乳 Colostrum	7.93±0.21	9.15±2.63	9.30±0.82	9.75±0.25	0.162	8.61±0.92	9.45±1.81	8.54±1.89		9.53±0.62	0.155	0.095	0.505
常乳 Milk	4.71±0.92[b]	4.77±0.25[b]	4.74±0.28[b]	5.55±0.42[a]	0.039	5.13±0.81	4.76±0.25	4.74±0.64		5.14±0.54	0.063	0.082	0.106

2.3 微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪乳成分的影响

由表 4 可知，各添加组初乳和常乳中乳脂以及常乳中乳糖的含量均显著高于对照组（P<0.05）；各添加组初乳和常乳中乳蛋白以及初乳中乳糖的含量均高于对照组，且以混合组最高，但组间差异均不显著（P>0.05）。

主效应分析表明，饲粮中添加微生态制剂显著提高了母猪初乳、常乳中乳脂的含量（P<0.05）。饲粮中添加复合酸化剂显著提高了母猪初乳中乳脂的含量（P<0.05）。微生态制剂和复合酸化剂互作对初乳和常乳中乳脂、乳蛋白、乳糖的含量均无显著影响（P>0.05）。

3 讨 论

3.1 微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪生产性能的影响

母猪泌乳力是反映母猪繁殖性能的一项重要指标，直接影响其后代仔猪的生长发育和猪场的生产效益。彭艳等[6]研究发现，与对照组相比，在哺乳母猪饲粮中添加 4 kg/t 酸化剂能够显著提高母猪哺乳期的平均日采食量，提高幅度达 12.3%。王海峰等[7]研究发现，在母猪饲粮中添加 0.20%的山梨酸可显著提高仔猪的平均日增重和断奶窝重。微生态制剂与酸化剂类似，都有提高动物生产性能的作用。吕伟等[8]研究发现，微生态制剂不仅可显著提高生产母猪在哺乳期的采食量，还能提高产活仔猪数以及新生仔猪初生个体重。霍军等[9]研究发现，在母猪饲粮中添加微生态制剂时，与对照组相比，仔猪初生平均体重、断奶仔猪平均体重分别提高了 8.63%和 7.55%。刘爱君等[10]研究表明，饲粮中添加 200 g/t 的微生态制剂可显著提高母猪的平均日采食量，进而提高仔猪断奶平均体重。本试验结果显示，饲粮添加酸化剂和微生态制剂均能提高平均日采食量、总泌乳量、第 21 天仔猪平均个体重、仔猪断奶窝重，与上述研究结果一致。其原因可能有如下：一是复合酸化剂能够掩盖饲粮中的不良气味，且猪的味觉发达，喜好偏酸性饲粮，适量添加复合酸化剂改善了饲粮的适口性，从而提高猪只的采食量[11]。而哺乳母猪采食量的提高直接使母猪泌乳量的增多，进而提高仔猪断奶窝重和成活率。燕富永等[12]研究了不同调味剂对母猪采食量的影响，发现添加酸化剂比甜味剂更能提高母猪采食量。二是因为微生态制剂中的微生物如乳酸菌本身含有大量营养物质，被母猪摄取利用后在其发酵或代谢过程中会产生类似促生长素的生理活性物质[13]，直接或间接地促进与泌乳有关激素的分泌，增强乳腺发育分泌活动，为仔猪提供充足的乳汁营养，提高仔猪的生长性能。另外，复合酸化剂会使机体肠道 pH 降低，抑制有害菌的生长，帮助微生态

制剂中的益生菌建立优势菌群。本试验饲喂的微生态制剂中含有耐酸菌如乳酸菌，适当的酸性有助于其增殖，且其产酸作用也有助于稳定和增加复合酸化剂在消化道内的酸化效果[14]。但也有试验表明单独添加柠檬酸对母猪的采食量、体增重均无显著影响[15]。酸化剂在畜禽生产上应用广泛，但是饲粮中添加酸化剂影响母猪采食量的结果报道不一致，可能是由于动物的年龄与断奶时间、酸化剂的类型以及添加水平不同、饲粮组成、饲粮酸结合力不同等因素造成的[16]。

3.2　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪血清生化和免疫指标的影响

血清生化指标的变化反映了动物在面对应激时体内物质代谢和组织器官机能状态的改变[17]。总蛋白可为机体进一步合成体蛋白质提供有利的内环境，从而促进蛋白质合成和动物生长。朱孟玲等[18]研究发现，在断奶仔猪饲粮中添加 1.0％的柠檬酸能够显著提高血清中总蛋白、白蛋白和球蛋白的含量。本试验结果与其一致，在 200 mL 微生态制剂和 0.5％的酸化剂的添加水平下，各组哺乳母猪血清中总蛋白含量有上升趋势，且混合组血清中白蛋白含量较对照组显著提高。

血清尿素氮的含量可以准确地反映动物机体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况，血清尿素氮含量最低时氨基酸之间平衡且满足代谢需要[19]。血清尿素氮含量降低，通常意味着动物蛋白质沉积率上升。本试验中各添加组的血清尿素氮含量均低于对照组，且以混合组最低。这表明在饲粮中无论是单独还是联合添加微生态制剂和复合酸化剂均能够有效促进母猪对蛋白质的吸收与利用，并可在一定程度上改善猪的免疫机能。

Fallah 等[20]研究发现，益生素和酸化剂能够显著降低仔猪血清中总胆固醇以及甘油三酯的含量。Brzóska 等[21]同年的研究却发现，在肉仔鸡饲粮中添加酸化剂对血清中甘油三酯和胆固醇的含量没有显著影响。然而，本试验的研究结果与上述报道都不同，但与向兴[22]的研究结果类似，与对照组相比，各添加组均显著提高了母猪哺乳第 21 天时血清中甘油三酯和总胆固醇的含量，这可能是由于复合酸化剂加强了肠道中微生物发酵[23]，产生出更多的挥发性脂肪酸用于甘油三酯的合成，而脂肪酸的运输需要大量的胆固醇；此外，血清中更多的甘油三酯可能被机体从外周循环血液中吸取用于乳脂的合成。

血液中的碱性磷酸酶主要来自肝脏和骨骼等组织，与体内锌和磷的代谢关系十分密切，与动物的生长速度有关。本试验中混合组母猪血清中碱性磷酸酶的活性显著高于对照组，这

表明，联合添加复合酸化剂和微生态制剂提高了母猪血清中碱性磷酸酶活性，促进了营养物质消化和动物生长发育。

免疫球蛋白 G 能够与抗原结合使其更利于吞噬细胞和中和病毒，其含量的多少很大程度上反映了机体免疫能力的大小。李瑞等[24]研究发现，与对照组相比，饲粮中添加微生态制剂可显著提高生长猪血清中免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量。陈代文等[3]的研究结果与其相似。陈代文等[3]研究得出，益生素和酸化剂联合添加较单独添加能显著提高断奶仔猪血清中免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量，酸化剂和益生素对提高断奶仔猪血清中免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量具有显著的互作效应。本试验结果与上述研究结果一致，即在哺乳母猪饲粮中添加微生态制剂和复合酸化剂均可以显著提高血清中免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量，从而提高机体免疫力。这可能是因为微生态制剂中的活性乳酸菌、酵母菌等有益菌能够在一定程度上调整母猪的胃肠道微生态平衡，增加体内有益菌群数量，抑制或杀灭有害菌，增强机体免疫力[25]；复合酸化剂通过氧化、还原、发酵等途径将猪肠道内的有害物质转化产生细胞免疫因子，从而提高猪的免疫力。

3.3　微生态制剂和复合酸化剂对哺乳母猪乳成分的影响

哺乳仔猪能量和蛋白质的直接来源是母乳，哺乳母猪的乳品质对仔猪生长发育、免疫力、断奶体重等都有重要影响，母猪乳成分的变化直接影响哺乳仔猪的生长发育状况[26]。

有研究发现，在妊娠后期和哺乳期母猪饲粮中添加 1.5%的柠檬酸可以显著提高初乳中乳蛋白的含量[14]。Øverland 等[27]研究发现，自配种开始在母猪饲粮中添加 0.8%和 1.2%的二甲酸钾有提高泌乳期乳脂含量的趋势。王二红等[28]研究发现，在母猪妊娠后期饲粮中添加丁酸钾，试验组第 1、14 天乳中乳脂和乳蛋白的含量均显著高于对照组，且试验组第 14 天乳中乳糖的含量也显著高于对照组，说明丁酸钾可改善乳品质。饲粮中添加 500 mg/kg 的包膜丁酸钠可使乳脂和乳总固形物含量分别提高 29.75%和 10.94%[29]。刘爱君等[10]研究发现，在母猪饲粮中添加微生态制剂可显著提高母猪哺乳第 1、14 天时乳蛋白、乳脂以及第 1 天时乳糖的含量。本试验研究结果与前人部分结果相似，在哺乳母猪饲粮中添加微生态制剂和复合酸化剂后，混合组初乳和常乳中乳脂、常乳中乳糖含量均显著提高，各添加组初乳和常乳中乳蛋白含量均有上升的趋势，且混合组高于其他组，说明使用微生态制剂和复合酸化剂可局部改善乳品质。混合组母猪初乳和常乳中乳蛋白含量提高程度未达到显著水平可能是添加

0.5%的酸化剂后，使母猪肠道酸度快速降低，而微生态制剂中的乳酸菌在适宜的 pH 值范围内才可大量繁殖，使其繁殖的条件被破坏，且酸化剂和微生态制剂的组成和配伍不同、饲喂方式以及饲喂动物个体差异等导致这两者未能出现明显加性效应，也可能是由于本试验是在母猪生产前 7 天的饲粮中开始添加复合酸化剂和微生态制剂，且是在母猪哺乳第 11 天采集常乳，所以推测若加长试验时间，初乳和常乳中乳蛋白的含量上升趋势会更明显。因此，有必要进一步探讨复合酸化剂和微生态制剂的合适配比添加剂量和使用阶段。

4 结 论

综上所述，在本试验条件下，每天随料饲喂微生态制剂和复合酸化剂有提高哺乳母猪生产性能、血清生化和免疫指标的趋势，并提高母猪的平均日采食量和总泌乳量以及母猪血清中总胆固醇、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 的含量，二者联用还可局部改善乳成分。

参考文献：

[1]KIM Y Y,KIL D Y,OH H K,et al.Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2005,18(7):1048–1060.

[2]霍永久,张艳云,施青青,等.芽孢杆菌 1259 制剂对生长肥育猪生产性能及猪粪氨气产生量的影响[J].江苏农业科学,2012,40(2):159–161.

[3]陈代文,张克英,王万祥,等.酸化剂、益生素和寡糖对断奶仔猪粪中微生物菌群和免疫功能的影响及其互作效应研究[J].动物营养学报,2006,18(3):172–178.

[4]周岭,丁雪梅,罗玉衡,等.复合酸化剂和微生态制剂对蛋鸡生产性能、血液生化指标、抗氧化指标及沙门氏菌感染的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2571–2580.

[5]LAWLOR P G,LYNCH P B,GARDINER G E,et al.Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest[J].Journal of Animal Science,2002,80(7):1725–1735.

[6]彭艳,谢飞.酸化剂对哺乳母猪采食量的影响[J].饲料广角,2013(13):29–31.

[7]王海峰,方心灵,朱晓彤,等.母猪饲粮中添加山梨酸对泌乳母猪和哺乳仔猪生产性能与血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(1):118–125.

[8]吕伟,魏玉明,齐明,等.几种复合微生态饲料添加剂对母猪生产和保育、育肥猪生长发育性能的影响[J].畜牧兽医杂志,2016,35(2):4–7,12.

[9]霍军,宋予震,董青,等.日粮中添加微生态制剂对繁殖母猪生产性能的影响[J].江苏农业科学,2013,41(12):220–222.

[10]刘爱君,尹望.复合微生态制剂对哺乳母猪乳成分和生产性能的影响[J].饲料研究,2014(19):26–28.

[11]COLE D J,BEAL R M,LUSCOMBE J R.The effect on performance and bacterial flora of lactic acid,propionic acid,calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs[J].Veterinary Record,1968,83(18):459–464.

[12]燕富永,刘云华,曹霞,等.甜味剂和酸味剂对泌乳母猪采食量和泌乳力的影响[J].中国饲料添加剂,2010(1):20–22.

[13]潘永荣,张俊峰,蒋运友.微生态制剂在养猪生产中的应用[J].现代畜牧兽医,2010(8):34–35.

[14]徐刚.肉仔鸡用四种绿色饲料添加剂的应用效果及其组合效应研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2007.

[15]LIU S T,HOU W X,CHENG S Y,et al.Effects of dietary citric acid on performance,digestibility of calcium and phosphorus,milk composition and immunoglobulin in sows during late gestation and lactation[J].Animal Feed Science and

Technology,2014,191(5):67–75.

[16]RADECKI S V,JUHL M R,MILLER E R.Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets:effect on performance and nutrient balance[J].Journal of Animal Science,1988,66(10):2598–2605.

[17] 董淑丽,王占彬,雷雪芹,等.热应激对动物血液生化指标的影响[J].家畜生态,2004,25(2):54–56.

[18]朱孟玲,陈超,马国辅,等.有机酸对长梅断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响[J].安徽农业科学,2010,38(33):18861–18862,18865.

[19]WU G Y,BAZER F W,DAVIS T A,et al.Arginine metabolism and nutrition in growth,health and disease[J].Amino Acids,2009,37(1):153–168.

[20]FALLAH R,REZAEI H.Effect of dietary prebiotic and acidifier supplementation on the growth performance,carcass characteristics and serum biochemical parameters of broilers[J].Journal of Cell and Animal Biology,2013,7(2):21–24.

[21]BRZÓSKA F,ŚLIWIŃSKI B,MICHALIK-RUTKOWSKA O.Effect of dietary acidifier on growth,mortality,post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens.[J].Annals of Animal Science,2013,13(1):85–96.

[22]向兴.饲粮中添加酸化剂对母猪繁殖性能、乳成分及免疫指标的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2015.

[23]陈宝江,景翠,于会民,等.酸化剂对早期断奶仔猪肠黏膜形态、微生物区系及挥发性脂肪酸产生的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(10):23–26.

[24]李瑞,侯改凤,郧理洋,等.微生态制剂对生长猪生产性能、氮磷排放量及血清免疫指标的影响[J].家畜生态学报,2013,34(6):66–71.

[25]顾金,章世元,周维仁,等.复合微生态制剂对青脚麻鸡生长性能及部分血液生化指标的影响[J].中国家禽,2010,32(5):34–36.

[26]BOYD R D,KENSINGER R S.Metabolic precursors for milk synthesis[M]//VERSTEGEN M W,MOUGHAN P J,SCHRAMA H W,et al.The lactating sow.Netherlands:Wageningen Press,1998.

[27]ØVERLAND M,BIKKER P,FLEDDERUS J.Potassium diformate in the diet of reproducing sows:effect on performance of sows and litters[J].Livestock Science,2009,122(2/3):241–247.

[28]王二红,吴德,方正锋,等.饲粮中添加丁酸钾对泌乳母猪繁殖性能、血液生化指标和乳成分的影响[J].动物营养学报,2010,22(5):1367–1373.

[29]方翠林.包膜丁酸钠对母猪及后代仔猪生产性能的影响[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2014.

Effects of Probiotics and Compound Acidifier on Performance, Serum Biochemical and Immune Indexes and Milk Composition of Lactating Sows

WANG Jingjing REN Hongli* DONG Jiaqi JIN Sanjun LI Yanfang WU Hongzhi DIAO Xinping**

(*College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of probiotics and compound acidifier on performance, serum biochemical and immune indices and milk composition of

*Contributed equally
**Corresponding author, professor, E-mail: diaoxp63@163.com

(责任编辑 菅景颖)

lactating sows. The trial used a 2×2 factorial random design, the main effects were compound acidified (0 and 0.5%), probiotics (0 and 200 mL/d) and the interaction between them, respectively. Twenty-four healthy Landrace×Large White sows with good condition and similar birthday age were randomly arranged into 4 groups with 6 replicates per group, and the sows in those 6 groups were fed basal diet (control group), basal diet+200 mL/d probiotics (probiotics group), basal diet +0.5% compound acidifier (acidifier group) and basal diet+200 mL/d probiotics+0.5% compound acidifier (mixed group), respectively. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 21 days. The results showed follows: 1) the average daily feed intake of sows, total lactation of sows, average weight of piglets at the 21st day and weaning litter weight of piglets of mixed group were significantly higher than those of control group (P<0.05). Compare with control group, the average weight of piglets at the 1st, 7th and 14st day, Number of piglet alive at wean and average daily gain of piglets of additon groups had the trend of increasing, but had no significant differences (P>0.05). 2) The contents of total cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, immunoglobulin A and immunoglobulin G in serum at the 21st day of mixed group were significantly higher than those of control group (P<0.05). The serum urea nitrogen content of addition groups was lower than that of control group, but showed no significant difference compared with each group (P>0.05). 3) The contents of milk fat in colostrum and milk and lactose in milk of addition groups were significantly higher than those of control group (P<0.05). The content of milk protein of addition groups were higher than that of control group, but showed no significant difference (P>0.05). Thus, under the conditions of this experiment, diet supplemented with probiotics and compound acidifier have the trend of improving the performance, serum biochemical and immune index trend of lactating sows, and can improve the average daily feed intake, total lactation and the contents of serum total cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, immunoglobulin A and immunoglobulin G of lactating sows. The combination of the probiotics and compound acidifier can partially improve the milk composition.

Key words: probiotics; compound acidifier; lactating sows; performance; serum biochemical and immune indexes; milk composition